昆虫学报 *Acta Entomologica Sinica*, January 2007, 50(1): 31－37　　ISSN 0454-6296

不同林分类型毛竹林节肢动物群落的多样性与稳定性

张飞萍[1,2]，尤民生[2,*]
(1. 福建农林大学林学院，福州　350002；2. 福建农林大学应用生态研究所，福州　350002)

摘要：通过2001年9月到2002年7月对毛竹 *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens* 与杉木 *Cunninghamia lanceolata*、毛竹与马尾松 *Pinus massoniana*、毛竹与阔叶树种混交林和毛竹纯林中节肢动物群落的定位与跟踪调查，分析和比较了上述4种不同类型林分中节肢动物群落的多样性与稳定性。结果表明：竹阔混交林中节肢动物群落的丰富度显著高于其他2种混交林和毛竹纯林，主要体现为林下层中同翅目、半翅目、鞘翅目和双翅目及竹冠层中蜱螨目、同翅目、半翅目和鞘翅目等植食性或捕食性物种明显较多；但各类林分中节肢动物群落之间的物种多样性、均匀度和优势集中性无显著差异。总体上混交林竹冠层和林下层中植食性和捕食性功能群的共有种较多，两个层次间的相似性均高于毛竹纯林。不同林分类型中节肢动物群落的稳定性具有显著差异，竹阔混交林和毛竹纯林竹冠层节肢动物类群的稳定性低，天敌对害虫的控制作用小，毛竹叶部植食性螨类和蠕须盾蚧 *Kuwanaspis vermiformis* 危害较重。因此认为在两种(类)害虫常发区，可考虑将林分改造为竹杉混交林或竹松混交林。

关键词：毛竹；节肢动物群落；林分；混交林；多样性；稳定性
中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2007)01-0031-07

Diversity and stability of the arthropod communities in different forest types of the bamboo *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*

ZHANG Fei-Ping[1,2], YOU Min-Sheng[2,*] (1. College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. Institute of Applied Ecology, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: Through systematic location and surveys in four representative field sites in Sanming City, Fujian Province from 2001 to 2002, the diversity and stability of the arthropod communities in the pure and three different mixed types of the bamboo *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens* forests were compared and analyzed, aiming to explore the relationships between types of the bamboo forests and outbreaks of the major leaf pests such as phytophagous mites, *Pantana phyllostachysae* and *Kuwanaspis vermiformis* which heavily infested the bamboo in South China in recent years. The results showed that the arthropod richness in the bamboo forest mixed with broadleaf trees was higher than in the pure bamboo forest and in the bamboo forests mixed with *Cunninghamia lanceolata* or *Pinus massoniana*. Significantly more predatory and phytophagous arthropod species were found in the bamboo forest mixed with broadleaf trees, which mainly belong to the arthropod orders of Homoptera, Hemiptera, Coleoptera and Diptera in the lower layer of the forest and Acarina, Homoptera, Hemiptera and Coleoptera in the canopy of the forest. However, overall the species diversity, evenness and dominant concentration of the communities in the four forest types of the bamboo showed no significant differences. The common species in the predatory and phytophagous guilds between in the lower layers and the canopies of the three types of mixed forests were all more than those in the pure forest, which resulted in higher similarity of species composition between the two layers of the mixed forests. The

---

基金项目：福建省教育厅科技项目(JA03061)
作者简介：张飞萍，男，1971年生，福建邵武人，博士，副教授，主要从事昆虫生态与森林害虫综合治理研究，E-mail：fpzhang1@163.com
* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail：msyou@fjau.edu.cn
收稿日期 Received：2006-05-09；接受日期 Accepted：2006-07-27

measurements of the community stability in the four forest types showed significant differences. The stability of the canopy both in the bamboo forest mixed with broadleaf and in the pure bamboo forest was lower than in the other two mixed forests; the control effects of the natural enemies to the pests in the former two forest types were also lower, and the numbers of individuals of phytophagous mites and *Kuwanaspis vermiformis* on the bamboo leaves were also higher. We so suggested that in the bamboo forests hurt seriously by the two pests above, such measures as rebuilding of the bamboo forests mixed with *Cunninghamia lanceolata* or *Pinus massoniana* should be considered.

Key words: *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*; arthropod communities; forest stand; mixed forest; diversity; stability

为了便于集约经营和追求更高的经济利益，人们习惯将植被多样化的自然生态系改造为植被单一的半人工生态系，或通过大面积栽培单一品种作物，建立生境简单的人工生态系。然而，许多研究和实例表明，单一植物的农林生态系统，往往由于其简单的群落结构、低下的生物多样性水平和不合理经营管理等原因，逐渐出现生产力降低、地力衰退和病虫害暴发等诸多问题(Root, 1973; Altieri, 1999; 尤民生等, 2004)。通过人工合理配置特定多样化的植被，有利于修复受损的生态系统，增强生物群落的稳定性(Andow, 1991; Altieri, 1999; Banks and Ekbom, 1999; Zhu *et al*., 2000; 尤民生等, 2004)。因此，利用生物多样性原理防治害虫，增加作物产量或解决其他相关的环境问题已成为生态学家研究的热点。毛竹 *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens* 是中国南方最重要的可自然再生森林资源之一。将大面积天然竹木混交林改造为纯竹林是近几十年来丰产培育和集约经营的一项重要举措。然而，长期经营的毛竹纯林出现了严重的地力衰退和生产力下降等问题(楼一平等, 1997, 1999; 陈存及, 2001)，近些年多种叶部害虫的频繁发生也被认为与纯林化密切相关(刘巧云, 2002; 张飞萍等, 2002, 2005a)。保护和经营竹木混交林，寻求协调发挥其生态和经济功能的经营方式已是生产上面临的迫切问题(陈存及, 2001)。鉴于此，本项研究系统地比较和分析了毛竹与杉木 *Cunninghamia lanceolata* 混交林、毛竹与马尾松 *Pinus massoniana* 混交林、毛竹与阔叶树混交林和毛竹纯林 4 种典型林分中节肢动物群落的多样性与稳定性，旨在揭示近些年毛竹害螨、刚竹毒蛾 *Pantana phyllostachysae* 和蠕须盾蚧 *Kuwanaspis vermiformis* 等叶部主要害虫暴发与林分类型的关系，同时可为制定竹木混交林的科学经营方式奠定基础。

1 材料与方法

1.1 林分类型及标准地概况

2001 年 8 月在野外踏查的基础上，于福建省三明市三元区中村乡筠竹村设立 4 块有代表性的不同林分类型毛竹林试验标准地，面积均约 0.667 hm^2，均为笋竹两用林，正常挖笋伐竹。林分类型的划分和各标准地的概况如下：

Ⅰ：竹杉混交林，阴坡，坡度 16°，立竹密度约 1 600株/hm^2，毛竹和杉木的混交比例约 7∶3(以株数计算，下同)，属人工混交林，其中杉木树龄 10 年，林冠最高层为毛竹，其次为杉木，林下植被以杂灌和禾本科植物为主，矮小、稀疏，每年夏秋季劈草 1 次。

Ⅱ：竹松混交林，阴坡，坡度 30°，立竹密度约 1 600株/hm^2，毛竹和马尾松的混交比例约 6∶4，属半天然竹松混交林(由竹鞭向松林自然侵移扩生，再经间伐松树和人工抚育而成)，其中马尾松树龄 18 年，林冠最高层为马尾松、其次为毛竹，林下植被组成和管理情况与Ⅰ相近。

Ⅲ：竹阔混交林，阴坡，坡度 31°，立竹密度约 1 500株/hm^2，毛竹和阔叶树的混交比例约 6∶4，阔叶树种主要为甜槠 *Castanopsis eyrei*、青冈栎 *Cyclobalanopsis glanca* 和栓皮栎 *Quercus variabilis* 等壳斗科植物，属半天然竹阔混交林，林冠最高层为高大乔木，其次为毛竹，再者为较小乔木，林下植被以铁芒萁 *Dicranopteris linearis* 和小杂灌为主，较密，2 或 3 年劈草 1 次，管理较粗放。

Ⅳ：毛竹纯林，阴坡，坡度 15°，立竹密度约1 800株/hm^2，纯林，林下植被以禾本科植物为主，间或有矮小杂灌，稀疏，每年夏秋季劈草 1 次。

各标准地均位于三明市往大田县的省级公路沿线，其中Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ相邻间距均约 0.5 km，Ⅲ和Ⅳ之间间隔约 0.8 km。

1.2　群落的划分与调查方法

将群落划分为竹冠层和林下层类群；对竹冠层采用网捕法结合剪枝调查法取样，每标准地随机抽取 20 样株毛竹；对林下层采用网集法取样，每标准地随机扫网 200 次（每来回扫网算 1 次）；根据食性将群落物种归并为不同功能群。群落调查及划分的具体方法参见张飞萍等（2005b）。野外取样时间根据毛竹的生长和叶部主要害虫的发生规律确定（陈顺立等，2004），分别为 2001 年 9 月（刚竹毒蛾幼虫数量高峰期）、10 月（毛竹害螨混合种群数量高峰期）、12 月（叶部主要害虫越冬或滞育期）、2002 年 3 月（叶部主要害虫出蛰或复苏期）、5 月（新竹开始抽生枝叶，蠕须盾蚧向新竹开始转移危害）和 7 月（新竹枝叶抽生基本完成，蠕须盾蚧种群数量高峰期）的各月中旬。

1.3　分析方法与数据处理

采用群落丰富度指数 S、Shannon-Wiener 多样性指数 H'、Pielou 均匀度指数 J 和 Simpson 优势集中性指数 C 等进行群落分析；通过统计群落竹冠层和林下层的共有种及计算 Jaccard（1901）相似系数进行群落林下层和竹冠层类群的相似性分析（丁岩钦，1994）；采用 S/N（反应群落物种间数量上的制约潜能）、S_1/S_2（反应天敌在物种数上对害虫的制约潜能）、N_1/N_2（反应天敌在个体数上对害虫的制约潜能）和群落主要害虫种群数量等指标综合评价和比较群落的稳定性，其中 S、S_1 和 S_2 分别指群落总物种数、天敌物种数和植食性害虫物种数；N、N_1 和 N_2 分别指群落总个体数、天敌个体数和植食性害虫个体数（高宝嘉等，1992；刘德广等，2001；陈亦根等，2004）。为消除因调查时间不同所产生的误差，以林分类型为处理，以每次调查（时间）为区组，在单因素随机区组设计方差分析的基础上（文中方差分析结果均省略），采用 Duncan 新复极差法比较和分析不同林分类型间群落多样性指数、稳定性指数及毛竹叶部主要害虫种群数量的差异及其显著性。数据分析采用 DPS 数据处理系统进行（唐启义和冯明光，2002）。

2　结果与分析

2.1　不同林分类型中节肢动物群落不同目的物种组成

群落调查共获得林下层节肢动物标本 2 098 号，隶属于 16 目，103 科，224 种；获得竹冠层节肢动物标本 17 018 号，隶属于 17 目，105 科，234 种。不同林分类型群落主要目物种和个体数的组成见表 1。对于林下层，竹阔混交林的总物种数和总个体数均明显较多，其中同翅目、半翅目、鞘翅目、双翅目、其他目的物种数和蜘蛛目、膜翅目、同翅目的个体数明显多于其他 3 种林分，而竹杉混交林、竹松混交林和毛竹纯林之间在总体及各目的物种数、个体数上的差异均相对较小；对于竹冠层，也以竹阔混交林的总物种数和总个体数最多，体现为蜱螨目、同翅目、半翅目、鞘翅目的物种数和蜱螨目、膜翅目、同翅目、鞘翅目、双翅目、其他目的个体数明显多于其他 3 种林分，其中以同翅目、鞘翅目的物种数和蜱螨目、同翅目的个体数表现最为突出；其他 3 种林分之间在总体及各目的物种数上的差异相对较小，但纯竹林的总体及各目的个体数基本上均多于竹松混交林和竹杉混交林，其中也以蜱螨目和同翅目表现最为突出。

2.2　不同林分类型中节肢动物群落不同功能群的物种组成

不同林分类型群落功能群的物种和个体数的组成见表 2。对于林下层，竹阔混交林植食性和捕食性功能群的物种数、个体数均明显多于其他 3 种林分；毛竹纯林捕食性功能群的物种数和寄生性功能群的物种数、个体数均明显少于竹杉混交林和竹松混交林，但植食性功能群的物种数、个体数以及捕食性功能群的个体数却明显较多。对于竹冠层，竹阔混交林的捕食性、植食性功能群的物种数和各功能群的个体数均明显多于其他 3 种林分；毛竹纯林的捕食性、植食性、中性功能群的物种数、个体数均明显多于竹杉混交林和竹松混交林。

2.3　不同林分类型中节肢动物群落在林下层和竹冠层的相似性

对于森林生态系统而言，增加空间植物层次的连续性，促进系统空间层次间的相互联系是混交林的一项重要生态功能。而对于毛竹林节肢动物群落，林下层和竹冠层的共有种既体现了群落两个层次的相似性，又体现了二者的互作程度及互作途径的多样性。不同林分类型群落各功能群的共有种分布情况见表 3。竹阔混交林两个林层共有种的总种数比其余 3 种林分均明显较多，其中以捕食性和植食性功能群最为突出，都增加了约 10 种以上；竹杉、竹松混交林的共有种比毛竹纯林略多，但差异不大。对于各林分类型群落林下层与竹冠层的 Jaccard

(1901)相似性系数，以竹阔混交林最高(0.3230)，其后依次为竹松混交林(0.3012)、竹杉混交林(0.2595)和纯林(0.2332)，从总体上看，3 种混交林两层次的相似性高于纯竹林。

表 1 毛竹林不同林分类型中节肢动物群落各目物种和个体数分布

Table 1 Quantitative distribution of species and individuals in different orders of the arthropod communities in different forest types of the bamboo *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*

目 Order	林下层 Lower layer				竹冠层 Canopy			
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
蜱螨目 Acarina	0(0)	2(2)	1(1)	0(0)	10(1 155)	10(982)	15(6 532)	12(3 538)
蜘蛛目 Araneae	27(131)	27(127)	26(227)	23(154)	25(295)	29(167)	31(324)	31(384)
膜翅目 Hymenoptera	20(67)	21(72)	18(192)	12(141)	28(115)	20(73)	27(406)	23(124)
同翅目 Homoptera	10(41)	7(13)	13(133)	10(27)	11(107)	9(101)	18(547)	11(504)
半翅目 Hemiptera	5(10)	2(2)	11(26)	8(30)	4(13)	5(16)	10(47)	5(17)
鞘翅目 Coleoptera	8(17)	8(10)	24(44)	13(32)	12(49)	7(35)	24(135)	13(83)
双翅目 Dipetera	16(38)	17(201)	22(55)	16(121)	15(49)	14(89)	17(147)	20(103)
鳞翅目 Lepidoptera	6(6)	5(9)	5(18)	4(7)	5(30)	8(21)	4(81)	7(79)
其他目 Others	11(20)	12(27)	18(57)	13(40)	20(148)	13(91)	15(260)	17(171)
总体 Total	103(330)	101(463)	138(753)	99(552)	130(1 961)	115(1 575)	161(8 479)	139(5 003)

Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ 分别指竹杉、竹松、竹阔混交林和纯竹林；表中括号外数据为物种数，括号内数据为个体数。下同。Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ and Ⅳ represent different forest types of the bamboo mixed with *Cunninghamia lanceolata*, the bamboo mixed with *Pinus massoniana*, the bamboo mixed with broadleaf trees and the pure bamboo forest, respectively; the data outside brackets are the number of species, and the data in brackets are the number of individuals. The same below.

表 2 毛竹林不同林分类型中节肢动物群落不同功能群的物种和个体数分布

Table 2 Quantitative distribution of species and individuals in different guilds of the arthropod communities in different forest types of the bamboo *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*

功能群 Guilds	林下层 Lower layer				竹冠层 Canopy			
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
捕食性 Predators	38(192)	38(182)	48(427)	31(306)	46(415)	45(283)	58(784)	53(539)
寄生性 Parasitoids	17(25)	17(27)	11(20)	11(14)	22(51)	15(49)	19(91)	15(45)
植食性 Herbivores	34(79)	31(59)	61(252)	44(165)	46(1 436)	40(1 149)	65(7 410)	49(4 292)
中性 Neutrals	14(34)	15(195)	18(54)	13(67)	16(59)	15(94)	19(194)	22(127)

表 3 毛竹林不同林分类型节肢动物群落不同功能群在林下层与竹冠层之间的共有种数量

Table 3 The number of common species between the lower layer and the canopy in different guilds of the arthropod communities in different forest types of the bamboo *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*

林分类型 Forest types	捕食性 Predators	寄生性 Parasitoids	植食性 Herbivores	中性 Neutrals	总体 Total
Ⅰ	20	8	13	7	48
Ⅱ	22	5	13	10	50
Ⅲ	32	6	23	12	73
Ⅳ	23	3	10	9	45

2.4 不同林分类型中节肢动物群落的物种多样性、均匀度和优势集中性

不同林分类型群落的 Shannon-Wiener 多样性指数 H'、Pielou 均匀度指数 J、Simpson 优势集中性指数 C 见表 4。从表中可以看出，除竹松混交林竹冠层的均匀度显著高于竹阔混交林的外，其余均无显著差异。

2.5 不同林分类型中节肢动物群落的稳定性

毛竹林节肢动物群落是以竹冠层植食性害虫为主体(个体数量上)的群落。不同林分竹冠层的稳定性指数见表 5。对于指数 S_1/S_2，不同林分之间无显著差异；对于指数 N_1/N_2 和 S/N，竹杉和竹松混交林均显著大于竹阔混交林和毛竹纯林。因此认为，竹杉混交林和竹松混交林竹冠层类群的稳定性显著高于竹阔混交林和毛竹纯林。由于上述 3 个指标也反映了群落对害虫的控制作用，因此竹杉混交林和竹松混交林的天敌对害虫在个体数量上的制约作用显著强于竹阔混交林和毛竹纯林。

2.6 不同林分类型群落主要害虫类群的个体数量

对于以害虫控制为目的的节肢动物群落稳定性的研究，害虫的发生和危害情况最直观地体现了群落的稳定性。不同林分主要叶部害虫平均每次调查的个体数量见表 6。在竹阔混交林和毛竹纯林中，对竹林危害严重的植食性螨类和蠕须盾蚧的个体数量均达到极高的水平，显著多于竹杉和竹松混交林，

并在时间序列上的波动极大（标准误极大），这进一步说明了竹阔混交林和毛竹纯林节肢动物群落的稳定性相对较低。

表 4　毛竹林不同林分类型节肢动物群落的物种多样性（H'）、均匀度（J）和优势集中性（C）

Table 4　Species diversity（H'），evenness（J）and dominant concentration（C）of the arthropod communities in different forest types of the bamboo *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*

林分类型 Forest types	林下层 Lower layer			竹冠层 Canopy		
	H'	J	C	H'	J	C
Ⅰ	3.9115 ± 0.9513 a	0.9190 ± 0.0442 a	0.0616 ± 0.0480 a	3.5188 ± 1.1029 a	0.6595 ± 0.1845 ab	0.2289 ± 0.2079 a
Ⅱ	3.6391 ± 0.6986 a	0.8075 ± 0.1354 a	0.1445 ± 0.1220 a	3.8660 ± 1.0272 a	0.7199 ± 0.1664 a	0.1576 ± 0.1321 a
Ⅲ	4.0456 ± 0.5780 a	0.7917 ± 0.0630 a	0.1131 ± 0.0637 a	2.9747 ± 0.8051 a	0.5043 ± 0.1263 b	0.2900 ± 0.1838 a
Ⅳ	3.5835 ± 1.2449 a	0.7969 ± 0.2049 a	0.1515 ± 0.2248 a	3.2245 ± 0.3806 a	0.5702 ± 0.0722 ab	0.2191 ± 0.0926 a

表 5　毛竹林不同林分类型中节肢动物群落的稳定性指数

Table 5　The stability index of the arthropod communities in different forest types of the bamboo *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*

林分类型 Forest types	S_1/S_2	N_1/N_2	S/N
Ⅰ	1.2685 ± 0.3186 a	0.4460 ± 0.2546 a	0.1708 ± 0.1267 a
Ⅱ	1.2528 ± 0.4650 a	0.4865 ± 0.3594 a	0.2151 ± 0.1513 a
Ⅲ	1.3591 ± 0.3060 a	0.1448 ± 0.0759 b	0.0569 ± 0.0310 b
Ⅳ	1.4899 ± 0.3001 a	0.1663 ± 0.0472 b	0.0729 ± 0.0279 b

S、S_1 和 S_2 分别指竹冠层类群总物种数、天敌物种数和害虫物种数；N、N_1 和 N_2 分别指竹冠层类群总个体数、天敌个体数和害虫个体数。S, S_1 and S_2 are the total number of species, the species number of natural enemies and the species number of pests of the arthropod communities in the canopy, and N, N_1 and N_2 are the total number of individuals, the number of individuals of natural enemies and the number of individuals of pests of the arthropod commnunities in the canopy, respectively.

表 6　毛竹林不同林分类型主要叶部害虫类群的个体数量

Table 6　The individual numbers of the main leaf pests of different forest types of the bamboo *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*

林分类型 Forest types	植食性螨类 Phytophagous mites	蠕须盾蚧 *Kuwanaspis vermiformis*	刚竹毒蛾 *Pantana phyllostachysae*
Ⅰ	188.83 ± 152.73 b	6.33 ± 5.09 b	2.33 ± 2.73 a
Ⅱ	153.17 ± 127.66 b	7.50 ± 5.24 b	1.83 ± 2.14 a
Ⅲ	1 071.33 ± 756.04 a	48.83 ± 22.87 a	13.00 ± 24.10 a
Ⅳ	582.50 ± 381.37 a	60.83 ± 39.27 a	11.67 ± 10.17 a

3　小结与讨论

毛竹林到底是经营纯林还是混交林好？这是一个在学术界颇具争议且难以达成共识的重要问题（陈存及，2001）。从节肢动物群落的角度分析和比较混交林和纯竹林的多样性与稳定性，对于揭示近年来多种毛竹害虫的暴发成因和寻求科学的林分经营类型具有重要意义。从本文的分析结果看，竹阔混交林的群落丰富度最高，竹杉混交林、竹松混交林和毛竹纯林之间则无显著差异，4 种类型林分之间的物种多样性也无显著差异，这可能与群落调查取样中只选择毛竹为调查对象有关。但混交林竹冠层和林下层植食性和捕食性功能群的共有种比纯林多，相似性高，说明混交林植物在空间上的连续性有利于两个层次间进行物种交流和能量流动，从而可能促进毛竹冠层物种多样性的增加和捕食性功能群对叶部害虫的控制作用（张飞萍等，2005c），近年来毛竹纯林害虫屡屡暴发可能成为这一结论的反证。稳定性测定结果表明，竹冠层类群的稳定性除了毛竹纯林显著较低外，竹阔混交林的也很低，毛竹叶部植食性螨类和蠕须盾蚧危害较重。后者稳定性低，自然控害的生态功能能否充分发挥可能与其特定的混交方式（与壳斗科植物混交）和粗放的营林管理有关。因此我们认为，在目前的经营管理水平下，竹杉混交林和竹松混交林有利于毛竹叶部害虫的控制；在害虫常发区，可通过间植杉木将纯林改造为竹杉混交林，或在松林中间植毛竹营造新的竹松混交林（松树为喜光植物）。

一般情况下，竹阔混交林是由毛竹自然扩生，再由人工间伐阔叶树种而形成。在该混交林中，植物种类丰富，林分空间连续，林下层和竹冠层有较多的节肢动物共有种，因此从理论上讲应具有较高的物种多样性和较强的害虫自然控制能力。然而，竹阔混交林的稳定性指数较低以及植食性螨类和蠕须盾蚧种群数量极大却与此相悖。对此，我们分析可能存在以下原因：(1) 与该林分具有较多的阔叶“霸王树”有关，这些冠幅庞大的阔叶树在竹林的地上和地

下部均占有比毛竹大得多的空间,对养分、水分和光照等资源的竞争能力极强,易导致毛竹长势减弱,对害虫的抵抗力降低;(2)与混交树种多为壳斗科植物有关,据笔者长期野外观察和竹农普遍反映,生长在壳斗科乔木周围的毛竹受叶部害虫为害重的现象极为常见,因此壳斗科植物可能不适合与毛竹混交;(3)与该林分为粗放经营有关,粗放经营显然不利于毛竹生长而有利于害虫暴发(张飞萍等,2005a)。从以上分析看出,对于竹阔混交林,生态系统的植物多样性并不一定与节肢动物群落稳定性成正比,只有合理配置特定多样化的植被,并进行合理地经营,才能够有效促进和维护系统的稳定性。这也在一定程度上验证了 Andow(1991)和 Altieri(1999)的观点。至于如何合理地配置和经营竹阔混交林,协调发挥其生态和经济功能?是一个值得进一步深入研究的重要问题。

生态系统多样性与稳定性的关系是一个古老而又富有争议的议题。究其根源,这与生态系统的多样化和结构的高度复杂性,以及稳定性含义的不确定和不可统一度量有关(Loreau,2000)。我们认为,对于以害虫控制为目标的节肢动物群落稳定性,害虫的发生情况以及群落对害虫的自然控制作用应是稳定性的基本内涵。因此本文采用群落自然控害指数(高宝嘉等,1992;刘德广等,2001;陈亦根等,2004)和毛竹叶部主要害虫种群数量对群落稳定性进行评价。这两个指标的评价结果相近,较好地反映了不同群落之间稳定性的差异。从本文的研究结果看出,在 4 种不同类型的竹林生态系统中,群落多样性与稳定性并非呈简单的线性关系,可见对于物种丰富和食物网络极复杂的森林生态系统而言,群落多样性与稳定性的关系是一个高度复杂的研究课题。

参 考 文 献 (References)

Altieri MA, 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74:19-31.

Andow DA, 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology*, 36:561-568.

Banks JE, Ekbom B, 1999. Modeling herbivore movement and colonization: pest management potential of intercropping and trap cropping. *Agricultural and Forest Entomology*, 1:165-170.

Chen CJ, 2001. A rational management of bamboo mixed forest. *Journal of Bamboo Research*, 20(1):5-9.[陈存及,2001. 竹木混交林的科学经营. 竹子研究汇刊,20(1):5-9]

Chen SL, Lin QY, Huang JC, 2004. Integrated Pest Management of the Main Trees in South China. Xiamen: Xiamen University Press. 351-384.[陈顺立,林庆源,黄金聪,2004. 南方主要树种害虫综合管理. 厦门:厦门大学出版社. 351-384]

Chen YG, Xiong JJ, Huang MD, Gu DJ, 2004. Diversity and stability of arthropod assemblage in tea orchard. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 15(2):875-878.[陈亦根,熊锦君,黄明度,古德就,2004. 茶园节肢动物类群多样性和稳定性研究. 应用生态学报,15(2):875-878]

Ding YQ, 1994. Insect Mathematic Ecology. Beijing: Science Press. 442-490.[丁岩钦,1994. 昆虫数学生态学. 北京:科学出版社. 442-490]

Gao BJ, Zhang ZZ, Li ZY, 1992. Studies on the influence of the closed forest on the structure, diversity and stability of insect community. *Acta Ecologica Sinica*, 12(1):1-7.[高宝嘉,张执中,李镇宇,1992. 封山育林对昆虫群落结构、多样性和稳定性的影响. 生态学报,12(1):1-7]

Liu DG, Xiong JJ, Tan BL, Huang MD, Zhang RJ, 2001. Diversity and stability analyses of arthropod community in litchi-herbage complex system. *Acta Ecologica Sinica*, 21(10):1 596-1 601.[刘德广,熊锦君,谭炳林,黄明度,张润杰,2001. 荔枝-牧草复合系统节肢动物群落多样性与稳定性分析. 生态学报,21(10):1 596-1 601]

Liu QY, 2002. Outbreak causes of injurous mites for *Phyllostachys pubescence* in Fujian Province and their control management countermeasures. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 29(2):12-16.[刘巧云,2002. 福建毛竹害螨暴发成因与防治管理对策. 福建林业科技,29(2):12-16]

Loreau M, 2000. Biodiversity and ecosystem function: recent theoretical advances. *Oikos*, 91:3-17.

Lou YP, Sheng WT, Xiao JH, 1999. Study of long-term site productivity of managed moso bamboo forests in China - a review and perspective. *Forest Research*, 12(2):172-178.[楼一平,盛炜彤,萧江华,1999. 我国毛竹林长期立地生产力研究问题评述. 林业科学研究,12(2):172-178]

Lou YP, Wu LR, Li RC, Liu ZJ, Liu YR, 1997. Growth dynamics of pure *Phyllostachys pubescens* stands transformed from mixed stands. *Forest Research*, 10(1):35-41.[楼一平,吴良如,李瑞成,刘仲君,刘耀荣,1997. 竹木混交林改为毛竹纯林经营后的林分生长动态. 林业科学研究,10(1):35-41]

Root RB, 1973. Organization of plant-arthropod association in simple and diversity habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs*, 43(1):95-124.

Tang QY, Feng MG, 2002. DPS Data Processing System for Practical Statistics. Beijing: Science Press. 223-225.[唐启义,冯明光,2002. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京:科学出版社. 223-225]

You MS, Liu YF, Hou YM, 2004. Biodiversity and integrated pest management in agroecosystem. *Acta Ecologica Sinica*, 24(1):117-122.[尤民生,刘雨芳,侯有明,2004. 农田生物多样性与害虫综合治理. 生态学报,24(1):117-122]

Zhang FP, Chen QL, Chen SL, Hou YM, You MS, 2002. Research advances on the pests that eat leaves of *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*. *Journal of Bamboo Research*, 21(3):55-60.[张飞萍,

陈清林，陈顺立，侯有明，尤民生，2002. 毛竹主要食叶害虫研究进展. 竹子研究汇刊，21(3)：55－60]

Zhang FP，Hou YM，You MS，2005a. Effects of different management measures on the composition and structure of arthropod community in *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescence* forest. *Acta Entomol. Sinica*，48(6)：928－934. [张飞萍，侯有明，尤民生，2005a. 不同管理措施对毛竹林节肢动物群落结构与组成的影响. 昆虫学报，48(6)：928－934]

Zhang FP，Chen QL，Wu QZ，Hou YM，You MS，2005b. Composition and structure of the arthropod community in *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescence* forest. *Acta Ecologica Sinica*，25(9)：2 272－2 283. [张飞萍，陈清林，吴庆锥，侯有明，尤民生，2005b. 毛竹林节肢动物群落的组成与结构. 生态学报，25(9)：2 272－2 283]

Zhang FP，Chen QL，Hou YM，You MS，2005c. Relationships between the arthropods in the canopy and the underlayer of *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescence* forest. *Acta Ecologica Sinica*，25(10)：2 623－2 628. [张飞萍，陈清林，侯有明，尤民生，2005c. 毛竹林冠层与林下层节肢动物类群的关系. 生态学报，25(10)：2 623－2 628]

Zhu YY，Chen HR，Fan J，Wang Y，Li Y，Chen J，Fan J，Yang S，Hu L，Leung H，Mew TW，Teng PS，Wang Z，Mundt CC，2000. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature*，406：681－682.

（责任编辑：袁德成）